



(11) **EP 3 628 911 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
01.04.2020 Bulletin 2020/14

(51) Int Cl.:
F17C 5/06 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19186415.6**

(22) Date de dépôt: **16.07.2019**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

Etats d'extension désignés:
BA ME

Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(30) Priorité: **25.09.2018 FR 1858700**

(71) Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE**
75007 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **CRISPEL, Simon**
38360 Sassenage (FR)
• **BUCK, Marcus**
75007 Paris (FR)
• **THIEU, Anh Thao**
75007 Paris (FR)
• **FAIRY, Vincent**
75007 Paris (FR)

(74) Mandataire: **De Cuenca, Emmanuel Jaime**
L'Air Liquide S.A.
Direction Propriété Intellectuelle
75 Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(54) **DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE REMPLISSAGE DE RÉSERVOIRS DE GAZ SOUS PRESSION**

(57) Dispositif et procédé de remplissage de réservoirs de gaz sous pression, notamment de réservoirs d'hydrogène sous pression de véhicules, le dispositif comprenant une source (2) de gaz liquéfié, un circuit (3) de transfert comprenant deux lignes de transfert parallèles ayant chacune une extrémité amont (3) reliée à la source (2) de gaz liquéfié au moins deux extrémités aval (4) distinctes destinées à être raccordées chacune de façon amovible avec un réservoir (22) à remplir, chacune des deux lignes de transfert comprenant :

(5), un organe (6) de vaporisation du fluide pompé, une branche (13) de dérivation de l'organe (6) de vaporisation et un ensemble de vanne(s) (7, 8) de répartition configuré pour contrôler le flux de fluide pompé et réparti entre l'organe (6) de vaporisation et la branche (13) de dérivation, le dispositif (1) comprenant en outre un ensemble de stockage(s) tampon (9, 10) raccordé(s) en parallèle à chacune des deux lignes de transfert via un ensemble de vanne(s)

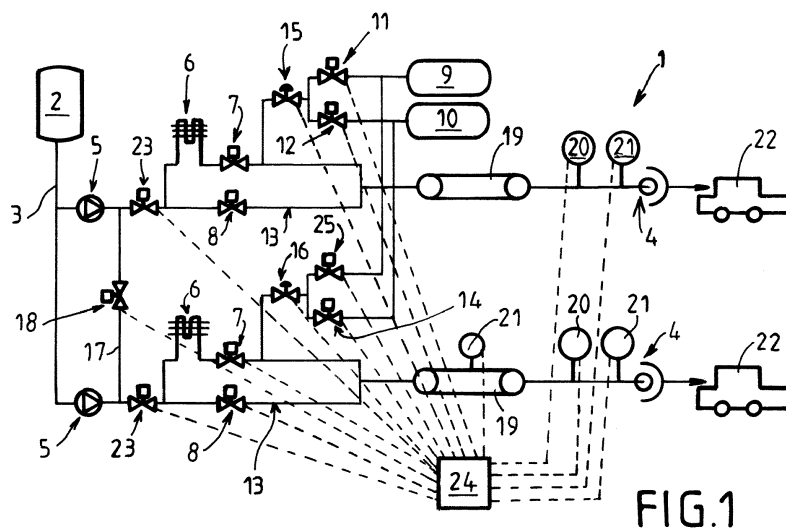


FIG.1

EP 3 628 911 A1

Description

[0001] L'invention concerne un dispositif de remplissage de réservoirs de gaz sous pression.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement un dispositif de remplissage de réservoirs de gaz sous pression, notamment de réservoirs d'hydrogène sous pression de véhicules, le dispositif comprenant une source de gaz liquéfié, un circuit de transfert comprenant deux lignes de transfert parallèles ayant chacune une extrémité amont reliée à la source de gaz liquéfié, chaque ligne de transfert comprenant une extrémité aval destinée à être raccordée de façon amovible avec un réservoir à remplir.

[0003] Les stations de ravitaillement d'hydrogène gazeux utilisant des sources d'hydrogène liquide sont connues. Ces dispositifs connus permettent d'utiliser le froid de l'hydrogène liquide pour produire un gaz sous pression pré-refroidi en vue d'un remplissage rapide sans élévation excessive de la température du gaz dans le réservoir au cours du remplissage.

[0004] Cf. par exemple US5934081 ou l'article « A rapid fill hydrogen fuel station for fuel cell buses » de V Raman D. Farese et J Hansel (12th World Energy conference Hydrogen energy Progress 2 p.1629-1642). Cf. également l'article « Hydrogen vehicle fueling station » de D.E. Daney, and al (Advances in Cryogenic Engineering Vol. 41, 1996).

[0005] Ces agencements connus ne permettent pas de garantir des performances satisfaisantes de l'installation ni sa modularité.

[0006] Un but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur relevés ci-dessus.

[0007] A cette fin, le dispositif selon l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en ce que chacune des deux lignes de transfert comprend : une pompe, un organe de vaporisation du fluide pompé, une branche de dérivation de l'organe de vaporisation et un ensemble de vanne(s) de répartition configuré pour contrôler le flux de fluide pompé et réparti entre l'organe de vaporisation et la branche de dérivation, le dispositif comprenant en outre un ensemble de stockage(s) tampon raccordé(s) en parallèle à chacune des deux lignes de transfert via un ensemble de vanne(s).

[0008] Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- l'ensemble de stockage(s) tampon est raccordé à chaque ligne de transfert entre l'organe de vaporisation et le point de mélange entre le fluide ayant transité par l'organe de vaporisation et le fluide ayant transité par la branche de dérivation,
- l'ensemble de stockage(s) tampon est raccordé à chaque ligne de transfert via une vanne de détente respective,

- l'ensemble de vanne(s) de répartition de chaque ligne de transfert comprend une première vanne de répartition située en aval de l'organe de vaporisation et en amont du point de mélange avec le fluide passé par la branche de dérivation, l'ensemble de vanne(s) de répartition comprenant seconde vanne de répartition dans la branche de dérivation,
- l'ensemble de stockage(s) tampon comprend deux ou plus de deux stockages tampon raccordés en parallèle à chaque ligne de transfert, chaque stockage tampon étant raccordé à chaque ligne de transfert via une vanne d'isolation respective,
- le circuit de transfert comprend une conduite de raccordement reliant les deux lignes de transfert au niveau des sorties des deux pompes, ladite conduite de raccordement comprenant une vanne d'isolation,
- les deux lignes de transfert comprennent au moins une portion isolée thermiquement,
- les deux lignes de transfert comprennent au moins un capteur de pression et/ou au moins un capteur de température mesurant la pression, respectivement la température, notamment à proximité de l'extrémité aval,
- pendant au moins une partie du remplissage, notamment lorsque le débit de gaz déterminé est inférieur ou égal au débit maximal de la pompe, le débit de gaz transféré dans le réservoir est constitué uniquement du débit de gaz fourni par la pompe et réparti entre l'organe de vaporisation et la une branche de dérivation,
- le débit déterminé pour remplir le réservoir varie entre zéro et 100g/seconde et notamment entre 10 et 60g/seconde,
- la pompe est une pompe à vitesse variable et en ce que le débit de gaz transféré dans le réservoir au cours du remplissage est contrôlé en contrôlant la vitesse de la pompe et éventuellement la quantité de gaz fourni par l'ensemble de stockage(s) tampon,
- la température du gaz sous pression transférée dans le réservoir au cours du remplissage est contrôlée en pilotant la répartition relative entre le gaz relativement chaud passant par l'organe de vaporisation et le gaz relativement froid passant par la branche de dérivation et éventuellement la quantité de gaz relativement chaud provenant de l'ensemble de stockage(s) tampon,
- le débit de gaz additionnel fourni par l'ensemble de stockage(s) tampon est contrôlé en réponse à un signal de pression mesuré au niveau de l'extrémité aval de la ligne de transfert,
- l'ensemble de stockage(s) tampon comprend plusieurs stockages tampon raccordés en parallèle à chaque ligne de transfert et utilisés successivement selon un processus de cascade pour fournir du gaz à la ligne ou les lignes de transfert.

[0009] L'invention concerne également un procédé de remplissage d'au moins un réservoir de gaz sous pres-

sion avec un débit de gaz déterminé à une température déterminée pour établir une rampe de remplissage déterminée dans le réservoir, dans lequel le procédé utilise un dispositif de remplissage conforme à l'une quelconque des caractéristiques ci-dessus ou ci-après.

[0010] Selon d'autres particularités possibles :

- le débit de gaz est variable et modifié au cours du temps,
- pendant au moins une partie du remplissage, notamment lorsque le débit de gaz déterminé est supérieur au débit maximal de la pompe, le débit de gaz transféré dans le réservoir est la somme d'une part du débit de gaz fourni par la pompe et réparti entre l'organe de vaporisation et la une branche de dérivation, et, d'autre part, d'un débit de gaz additionnel fourni par l'ensemble de stockage(s) tampon,
- le procédé comporte une étape de remplissage d'un réservoir avec un flux de gaz comprenant la somme des flux de gaz fournis par les pompes de deux lignes de transfert via le transfert d'un flux de gaz d'une ligne de transfert dans l'autre ligne de transfert,
- le procédé comprend, préalablement ou au début du remplissage d'un réservoir, une étape de refroidissement de ladite ligne de transfert comprenant un transfert de gaz à une température déterminée contrôlée en pilotant la répartition relative entre le gaz relativement chaud passant par l'organe de vaporisation et le gaz relativement froid passant par la branche de dérivation et éventuellement la quantité de gaz relativement chaud provenant de l'ensemble de stockage(s) tampon,
- l'étape de refroidissement de ladite ligne de transfert est réalisée en contrôlant l'ouverture des vannes de répartition entre l'organe de vaporisation et la branche de dérivation et d'un éventuel débit de gaz additionnel fourni par l'ensemble de stockage(s) tampon selon un contrôle de type « boucle ouverte (« feedforward ») et/ou selon une boucle de contrôle basée sur une température mesurée au niveau de la ligne de transfert,
- l'étape de refroidissement de ladite ligne de transfert comprend une étape de purge vers l'extérieur ou vers un organe de récupération du gaz transféré à une température déterminée contrôlée dans la ligne de transfert à refroidir.

[0011] L'invention peut concerner également tout dispositif ou procédé alternatif comprenant toute combinaison des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous dans le cadre des revendications.

[0012] D'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description ci-après, faite en référence aux figures dans lesquelles :

- la figure 1 représente une vue schématique et partielle illustrant un exemple de structure et de fonctionnement d'un exemple de dispositif selon l'inven-

tion,

- la figure 2 représente un graphique de l'évolution de paramètres selon un exemple possible de remplissage selon l'invention.

5

[0013] Le dispositif 1 de remplissage de réservoirs de gaz sous pression (notamment de réservoirs d'hydrogène sous pression de véhicules) représenté à la figure 1 comprend une source 2 de gaz liquéfié. La source de gaz liquéfié comprend par exemple au moins un stockage de gaz liquéfié isolé sous vide et/ou une source de gaz liquide (un liquéfacteur ou tout autre dispositif approprié).

10

15

[0014] A noter que, dans le cas où le gaz est de l'hydrogène (H₂), on désignera par soucis de simplification l'état du fluide par termes « gaz » ou « liquide » utilisés usuellement cependant, selon la pression du fluide ce dernier sera en fait un fluide supercritique.

20

[0015] Le dispositif 1 comprend un circuit 3 de transfert comprenant deux lignes de transfert de fluide parallèles ayant chacune une extrémité amont 3 reliée à la source 2 de gaz liquéfié pour y prélever du gaz liquéfié. Chaque ligne de transfert possède une extrémité aval 4 respective destinée à être raccordée chacune de façon amovible avec un réservoir 22 à remplir (par exemple via une portion flexible munie d'un raccord rapide et de clapet(s) appropriés le cas échéant).

25

30

[0016] A noter que l'exemple de la figure 1 possède deux lignes de transfert mais pourrait en posséder plus que deux.

[0017] Chacune des deux lignes de transfert comprend une pompe 5, un organe 6 de vaporisation du fluide pompé et une branche 13 de dérivation sélective de l'organe 6 de vaporisation.

35

[0018] De plus les lignes comprennent chacune un ensemble de vanne(s) 7, 8 de répartition configuré pour contrôler le flux de fluide pompé et réparti entre l'organe 6 de vaporisation (où le liquide est réchauffé et vaporisé et donc relativement plus chaud et à pression relativement élevée) et la branche 13 de dérivation (où le liquide est sensiblement aux conditions thermodynamiques de sa sortie de la pompe 5 ; donc relativement froid).

40

[0019] En aval de l'organe 6 de vaporisation les deux portions parallèles se rejoignent en un point de mélange des deux fluides relativement chaud et froid.

45

[0020] L'ensemble de vannes 7, 8 de répartition de chaque ligne de transfert comprend par exemple une première vanne 7 de répartition située de préférence en aval de l'organe 6 de vaporisation et en amont du point de mélange avec le fluide passé par la branche 13 de dérivation. L'ensemble de vannes 7, 8 de répartition peut comprendre en outre une seconde vanne 8 de répartition dans la branche 13 de dérivation (en amont du point de mélange).

50

[0021] Bien entendu, tout autre système de répartition pourrait être envisagé notamment un système à vannes à trois voies.

[0022] Les vannes 7 de répartition étant situées en aval

de l'organe 6 de réchauffage et en amont du point de mélange, ceci permet l'utilisation de vannes travaillant à température ambiante (non cryogénique) et qui gèrent un débit relativement faible. Ceci augmente la fiabilité de l'installation et limite son coût.

[0023] Le circuit comprend de préférence également, dans chaque ligne de transfert, une vanne amont 23 située entre la sortie de la pompe 5 et avant les branches de vaporisation et de dérivation.

[0024] Classiquement, la température du fluide à la sortie du pistolet de remplissage (extrémité 4) peut ainsi être contrôlée via ce mélange, pour être maintenue par exemple à une température déterminée notamment entre -33°C et -40°C.

[0025] Ceci permet d'obtenir un flux de gaz à une pression et une température déterminées prévus pour assurer un remplissage du réservoir 22 en limitant l'échauffement dans ce dernier.

[0026] L'organe 6 de vaporisation est par exemple un échangeur de chaleur réchauffeur assurant un échange thermique de l'hydrogène liquide avec une source de chaleur (de l'air ou tout autre élément de réchauffage).

[0027] Le dispositif 1 comprenant en outre un ou plusieurs stockage(s) tampon 9, 10 de gaz sous pression raccordé(s) en parallèle à chacune des deux lignes de transfert via un ensemble de vanne(s) 11 à 16 respectives.

[0028] Cette architecture qui prévoit une pompe 5 pour chaque ligne transfert (pour chaque ligne de remplissage d'un réservoir 22) présente de nombreux avantages par rapport aux systèmes connus. Ceci permet une bonne modularité de la station (plusieurs remplissages simultanés possibles, possibilité d'ajouter ou de retirer une ligne de transfert sans affecter les performances des autres lignes...).

[0029] De plus, cette solution améliore les performances du dispositif. En effet, selon cette agencement, les pompes 5 de chacune des lignes de transfert présentent ainsi un meilleur rendement volumétrique et énergétique à basse pression notamment.

[0030] En effet, le fait de dédier une pompe 5 par ligne de transfert (« dispenser » en anglais) permet de fournir l'hydrogène à la pression requise par le réservoir 22 à remplir en limitant les pertes de performances, l'usure de la pompe 5 et les pertes par détente Joule-Thomson.

[0031] Chaque pompe 5 peut ainsi être pleinement utilisée dans zone d'utilisation offrant son meilleur rendement énergétique et volumétrique à relativement basse pression entre 200 bar à 900 bar (au lieu de l'intervalle entre 700 et 900 bar au cas où une seule pompe est connectée directement aux stockages tampons et utilisée pour plusieurs lignes de transfert). Un tel fonctionnement à basse pression permis par l'invention permet de réduire jusqu'à 50% la consommation énergétique de la pompe.

[0032] Comme illustré à la figure 1, les stockages tampon 9, 10 sont de préférence raccordés à chaque ligne de transfert entre l'organe 6 de vaporisation et le point de

mélange entre le fluide ayant transité par l'organe 6 de vaporisation et le fluide ayant transité par la branche 13 de dérivation.

[0033] Par exemple, les stockages tampon 9, 10 peuvent être raccordés en parallèle à chaque ligne de transfert via une vanne 15, 16 de détente respective. De plus, chaque stockage tampon 9, 10 peut comprendre une vanne d'isolation respective 11, 12 situé entre l'entrée/sortie du stockage 9, 10 et chaque vanne 15, 16 de détente.

[0034] Ces vannes 11, 12, 25, 14 d'isolement des stockages séparées pour chaque ligne de transfert dispenser permettent de mutualiser les stockages tampon tout en gardant l'indépendance des lignes de transfert.

[0035] Comme représenté à la figure 1, le circuit 3 de transfert peut comprendre avantageusement au moins une conduite 17 de raccordement reliant deux lignes de transfert (ou plus) au niveau des sorties des pompes 5. La conduite 17 de raccordement comprend par exemple une vanne 18 d'isolation. Cette conduite 17 de raccordement et sa vanne 18 permettent le cas échéant une mutualisation (addition) des flux pompés en cas de besoin (par exemple dans le cas du remplissage de réservoirs de grande taille et/ou en cas de panne d'une pompe).

[0036] Comme schématisé à la figure 1, au moins une portion 19 de chaque ligne de transfert peut être isolée thermiquement (pas forcément sous vide et/ou refroidie). De plus, chaque ligne peut comprendre au moins un capteur 20 de pression et/ou au moins un capteur 21 de température mesurant la pression/la température en sein, notamment à proximité de l'extrémité aval de raccordement à un réservoir 22.

[0037] Tout ou partie des vannes peuvent être des vannes pilotées, par exemple par un contrôleur 24 électronique comprenant un microprocesseur et/ou un ordinateur muni d'un système d'acquisition, de stockage et de traitement de données. Le contrôleur 24 peut être reliée aux capteurs et différents autres organes du dispositif (pompes 5 notamment) pour l'acquisition de données, le contrôle et le pilotage de ces organes.

[0038] Comme illustré à la figure 2 à titre d'exemple non limitatif, le remplissage d'un réservoir est réalisé de préférence selon une rampe de remplissage (pré)définie. Par exemple, la pompe 5 et l'ensemble de vannes est piloté pour assurer une vitesse de montée en pression déterminée dans le réservoir (P22= pression dans le réservoir), par exemple essentiellement linéaire. Par exemple, la pression P4 mesurée dans la conduite 4 de transfert (et représentative de la pression P22 dans le réservoir 22) est contrôlée pour être croissante linéairement au cours du temps. Ceci peut être obtenu en contrôlant la masse M22 dans le réservoir 22 au cours du temps T et donc le débit Q de gaz transféré au cours du temps. Ce débit est défini selon les conditions de remplissage (quantité, volume du réservoir, température...).

[0039] Le transfert du débit de gaz requis peut être fourni par la pompe 5 et éventuellement suppléé par un

débit de gaz additionnel fourni par le ou les stockages tampon 9, 10.

[0040] Dans un cas de remplissage nominal, un réservoir doit être rempli par exemple avec 5 à 7kg d'hydrogène à une température ambiante de 15°C en quelques minutes (trois minutes par exemple) selon une rampe de remplissage définie par un protocole de remplissage.

[0041] Par exemple, au début du remplissage, seule la pompe 5 peut suffire pour fournir le débit nécessaire pour remplir le véhicule. Selon la rampe de pression, ce débit augmente de zéro du début du remplissage jusqu'au débit maximal de la pompe.

[0042] La rampe de pression est pilotée (obtenue) par exemple en modulant la vitesse de la pompe 5. La pression fournie par la pompe 5 est la pression demandée au niveau de l'extrémité de la ligne de transfert par le réservoir 22 à remplir. Cette pression peut être typiquement de l'ordre de 50 à 300 bar en fonction de la pression initiale du réservoir 22.

[0043] L'hydrogène qui transite via l'organe 6 de vaporisation réchauffé, tandis que la branche 13 de dérivation permet d'acheminer de l'hydrogène cryogénique à sa température de sortie de pompe 5.

[0044] L'ouverture des deux vannes 7, 8 peut être pilotée pour atteindre la distribution adéquate afin d'atteindre une température de gaz cible au niveau de l'extrémité aval 4.

[0045] Si la ligne est trop chaude (température mesurée 21 au-dessus d'une température cible), la vanne 7 côté « chaud » peut être fermée notamment complètement et la vanne 8 côté « froid » ouverte par exemple complètement pour laisser passer 100% le débit froid pour refroidir la ligne.

[0046] Si la ligne est froide, le ratio débit froid/débit chaud peut être régulé par les vannes 7, 8 par exemple entre 30% et 50% en fonction de la performance de la pompe 5 et/ou de la température ambiante.

[0047] Au fur et à mesure que le réservoir 22 se remplit, le débit de remplissage peut augmenter et peut notamment dépasser la capacité de la pompe 5.

[0048] Le contrôleur peut détecter un manque de pression au niveau de la ligne par rapport à une pression cible et pour y remédier peut ouvrir la ou les vannes 11, 15 des stockages tampon.

[0049] C'est-à-dire que le contrôle du débit de la pompe et le débit fourni par les stockages tampon peuvent être contrôlés pour assurer une consigne de pression mesurée dans la ligne de transfert (notamment à l'extrémité aval).

[0050] Dans cette configuration la pompe 5 est peut être à son débit maximal (vitesse maximale), et la rampe de pression est pilotée par la vanne 15 de détente.

[0051] La pression fournie par la pompe 5 (comme la pression au niveau de la ligne de transfert) augmente jusqu'à la pression de fin de remplissage (par exemple 700 à 850 bar). Le cas échéant les stockages 9, 10 peuvent être utilisés en cascade (les vannes 11, 12 ; 25, 14 associées aux stockages permettant le basculement

d'un stockage à l'autre).

[0052] L'hydrogène fourni par les stockages tampon 9, 10 rejoint le débit issu de la pompe 5 après avoir été détendu dans la vanne 15, 16 correspondante. Les vannes 7, 8 assurent toujours le contrôle de la température du gaz fourni.

[0053] Le débit fourni dans cette seconde phase de remplissage est plus important, par exemple de l'ordre de 25-45 g/s avec un pic pouvant atteindre 60g/s par exemple.

[0054] Avec le débit de gaz chaud fourni par le ou les stockages 9, 10 tampon aussi variable et important, le ratio entre le gaz froid et le gaz chaud que fournit la pompe 5 est plus important que lors du début du remplissage. Ce ratio peut varier par exemple entre 30% et 100% selon le débit total de remplissage.

[0055] Lorsque le remplissage est fini, la pompe 5 peut être utilisée pour remplir le ou les stockages 9, 10 jusqu'à leur pression nominale. Tout l'hydrogène pompé peut être réchauffé à la pression de stockage (400-500 bar pour un stockage tampon à moyenne pression et 700-1000 bar pour un stockage tampon à haute pression).

[0056] Dans certains cas le remplissage ne nécessite qu'un faible débit, suffisamment faible pour être fourni totalement par la pompe 5 (réservoirs de petite taille avec une capacité inférieure à 4 kg d'hydrogène par exemple). Un remplissage à faible débit peut aussi être prévu lorsque la température ambiante est (très) élevée, par exemple au-dessus de 30 ou 40°C.

[0057] Dans ce cas, la vanne 15, 16 de détente peut rester fermée au cours du remplissage. La rampe de pression peut être complètement pilotée par la vitesse de la pompe 5. Le ratio débit froid/débit chaud est régulé par les vannes 7, 8 correspondantes et être varier par exemple entre 30% et 50% sauf pour le refroidissement des lignes comme décrit précédemment.

[0058] Dans le cas d'un débit important nécessaire pour le remplissage de réservoirs 22 de grande taille (tels que des réservoirs de bus stockant plus de 10kg d'hydrogène), le débit requis et la puissance de refroidissement nécessaire sont relativement importants. Un tel remplissage rapide est toujours possible en fournissant un grand débit de remplissage au niveau d'une ligne de transfert. Ceci peut être réalisé en utilisant deux pompes 5 et contrôlant les vannes appropriées et notamment en ouvrant la vanne 18 de la conduite 17 de raccordement.

[0059] Cette disposition permet donc de doubler la capacité d'une ligne de transfert et de conférer une souplesse d'utilisation à la station 1.

[0060] Comme évoqué ci-dessus, l'agencement permet également un refroidissement efficace des lignes de transfert.

[0061] En effet, après un temps de veille prolongé, la ou les lignes de transfert peuvent se réchauffer. Le refroidissement peut poser des problèmes sur les stations de l'art antérieur.

[0062] Selon l'architecture proposée, les lignes de

transfert peuvent être refroidies aisément de plusieurs façons.

[0063] Par exemple, la ligne peut être refroidi selon un refroidissement dit « direct » avec le fluide froid transféré dans le réservoir 22 en tout début de remplissage. En effet, en début de remplissage, il peut exister une fenêtre temporelle de tolérance (souvent de l'ordre de 30 secondes) pendant laquelle le réservoir 22 peut être rempli par un gaz pas suffisamment refroidi (au-dessus de la température cible). Si la ligne de transfert est suffisamment courte (par exemple inférieure à trente ou vingt mètres), l'hydrogène cryogénique à la sortie de la pompe 5 peut être envoyé directement dans le réservoir 22 après avoir refroidi la ligne pendant la fenêtre de tolérance.

[0064] Le contrôle de température de la température de la ligne peut être réalisé par une correction du type boucle ouverte (« feedforward ») ou « en cascade » en fonction de la température mesurée 21 de la ligne (par exemple la température du gaz dans la ligne). C'est-à-dire que les consignes d'ouverture des vannes 7, 8 notamment sont asservies ou forcées à la valeur de la température mesurée en aval.

[0065] Selon un autre mode de refroidissement possible (dit de « purge froide »), la ligne peut être refroidie par un flux de gaz froid dédié qui n'est pas utilisé pour remplir le réservoir 22.

[0066] En effet, pour les lignes de transfert plus longues, le « refroidissement direct » peut s'avérer insuffisant. Il peut être alors envisagé d'ajouter une ligne de purge. Ainsi, avant le remplissage du réservoir 22, la ligne peut être purgée par de l'hydrogène froid fourni par la pompe 5 et renvoyé à un stockage 9, 10 tampon par une ligne de purge (non représentée par soucis de simplification).

[0067] Cette phase de purge peut être réalisée dès que le réservoir est raccordé à l'extrémité aval de la ligne de transfert et pendant que l'utilisateur manipule une interface avant le remplissage effectif. Ceci peut même être réalisé en amont par une détection de l'arrivée d'un client/utilisateur/véhicule. Cette phase de purge peut nécessiter quelques dizaines de secondes en fonction de la longueur des lignes et de la température ambiante.

Revendications

1. Dispositif de remplissage de réservoirs de gaz sous pression, notamment de réservoirs d'hydrogène sous pression de véhicules, le dispositif comprenant une source (2) de gaz liquéfié, un circuit (3) de transfert comprenant deux lignes de transfert parallèles ayant chacune une extrémité amont (3) reliée à la source (2) de gaz liquéfié, chaque ligne de transfert comprenant une extrémité aval (4) destinée à être raccordée de façon amovible avec un réservoir (22) à remplir, chacune des deux lignes de transfert comprenant : une pompe (5), un organe (6) de vaporisation du fluide pompé, une branche (13) de dé-

rivation de l'organe (6) de vaporisation et un ensemble de vanne(s) (7, 8) de répartition configuré pour contrôler le flux de fluide pompé et réparti entre l'organe (6) de vaporisation et la branche (13) de dérivation, le dispositif (1) comprenant en outre un ensemble de stockage(s) tampon (9, 10) raccordé(s) en parallèle à chacune des deux lignes de transfert via un ensemble de vanne (s) (11 à 16).

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'ensemble de stockage(s) tampon (9, 10) est raccordé à chaque ligne de transfert entre l'organe (6) de vaporisation et le point de mélange entre le fluide ayant transité par l'organe (6) de vaporisation et le fluide ayant transité par la branche (13) de dérivation.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'ensemble de stockage(s) tampon (9, 10) est raccordé à chaque ligne de transfert via une vanne (15, 16) de détente respective.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'ensemble de vanne(s) (7, 8) de répartition de chaque ligne de transfert comprend une première vanne (7) de répartition située en aval de l'organe (6) de vaporisation et en amont du point de mélange avec le fluide passé par la branche (13) de dérivation, l'ensemble de vanne(s) (7, 8) de répartition comprenant seconde vanne (8) de répartition dans la branche (13) de dérivation.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'ensemble de stockage(s) tampon (9, 10) comprend deux ou plus de deux stockages tampon raccordés en parallèle à chaque ligne de transfert, chaque stockage tampon (9, 10) étant raccordé à chaque ligne de transfert via une vanne (11, 12) d'isolation respective.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le circuit (3) de transfert comprend une conduite (17) de raccordement reliant les deux lignes de transfert au niveau des sorties des deux pompes (5), ladite conduite (17) de raccordement comprenant une vanne (18) d'isolation.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les deux lignes de transfert comprennent au moins une portion (19) isolée thermiquement.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les deux lignes de transfert comprennent au moins un capteur (20) de pression et/ou au moins un capteur (21) de température mesurant la pression, respectivement la température, notamment à proximité de l'extrémité aval

- (4).
9. Procédé de remplissage d'au moins un réservoir de gaz sous pression avec un débit de gaz déterminé à une température déterminée pour établir une rampe de remplissage déterminée dans le réservoir, dans lequel le procédé utilise un dispositif de remplissage conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8.
10. Procédé de remplissage selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le débit de gaz est variable et modifié au cours du temps.
11. Procédé de remplissage selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que**, pendant au moins une partie du remplissage, notamment lorsque le débit de gaz déterminé est supérieur au débit maximal de la pompe (5), le débit de gaz transféré dans le réservoir est la somme d'une part du débit de gaz fourni par la pompe (5) et réparti entre l'organe (6) de vaporisation et la une branche (13) de dérivation, et, d'autre part, d'un débit de gaz additionnel fourni par l'ensemble de stockage(s) tampon (9, 10).
12. Procédé selon l'une que quelconque des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que**, pendant au moins une partie du remplissage, notamment lorsque le débit de gaz déterminé est inférieur ou égal au débit maximal de la pompe (5), le débit de gaz transféré dans le réservoir est constitué uniquement du débit de gaz fourni par la pompe (5) et réparti entre l'organe (6) de vaporisation et la une branche (13) de dérivation.
13. Procédé selon l'une que quelconque des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce qu'il** comporte une étape de remplissage d'un réservoir avec un flux de gaz comprenant la somme des flux de gaz fournis par les pompes (5) de deux lignes de transfert via le transfert d'un flux de gaz d'une ligne de transfert dans l'autre ligne de transfert.
14. Procédé selon l'une que quelconque des revendications 9 à 13, **caractérisé en ce qu'il** comprend, préalablement ou au début du remplissage d'un réservoir (22), une étape de refroidissement de ladite ligne de transfert comprenant un transfert de gaz à une température déterminée contrôlée en pilotant la répartition relative entre le gaz relativement chaud passant par l'organe (6) de vaporisation et le gaz relativement froid passant par la branche (13) de dérivation et éventuellement la quantité de gaz relativement chaud provenant de l'ensemble de stockage(s) tampon (9, 10).
15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** l'étape de refroidissement de ladite ligne de transfert est réalisée en contrôlant l'ouverture des vannes de répartition entre l'organe (6) de vaporisation et la branche (13) de dérivation et d'un éventuel débit de gaz additionnel fourni par l'ensemble de stockage(s) tampon (9, 10) selon un contrôle de type « boucle ouverte (« feedforward ») et/ou selon une boucle de contrôle basée sur une température mesurée au niveau de la ligne de transfert.
16. Procédé selon l'une que quelconque des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce l'étape de refroidissement de ladite ligne de transfert comprend une étape de purge vers l'extérieur ou vers un organe de récupération du gaz transféré à une température déterminée contrôlée dans la ligne de transfert à refroidir.

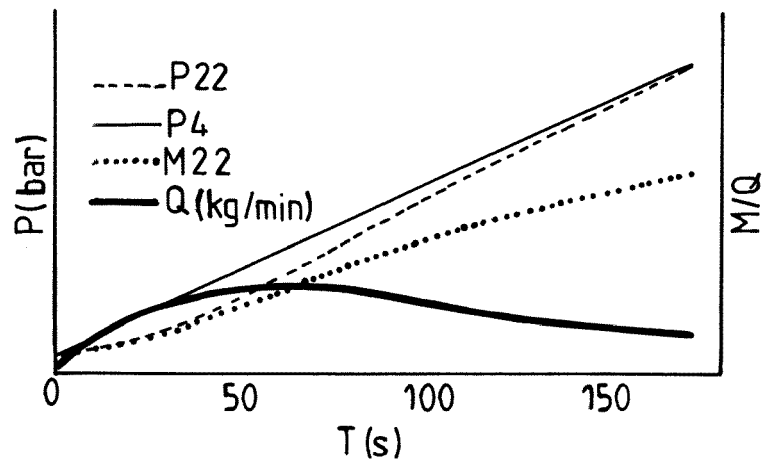
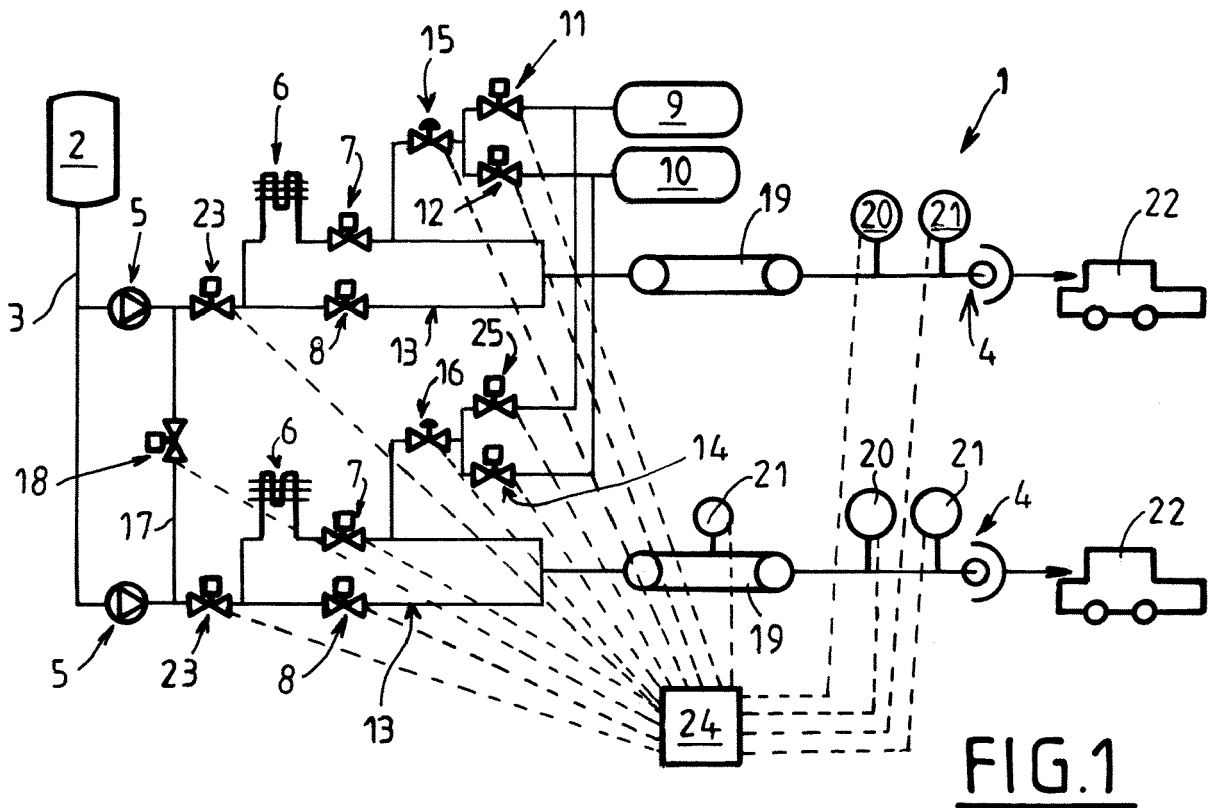


FIG. 2



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 19 18 6415

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	DE 10 2016 009672 A1 (LINDE AG [DE]) 15 février 2018 (2018-02-15) * alinéas [0016] - [0017] * -----	1-16	INV. F17C5/06
A	FR 3 034 836 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 14 octobre 2016 (2016-10-14) * revendication 1; figure 1 * -----	1-16	
A	WO 2008/062117 A1 (AIR LIQUIDE [FR]; ALLIDIERES LAURENT [FR]) 29 mai 2008 (2008-05-29) * pages 5-8 * -----	1-16	
A	US 5 771 946 A (KOOY RICHARD JOHN [US] ET AL) 30 juin 1998 (1998-06-30) * colonne 6, ligne 63 - colonne 7, ligne 23 * -----	1-16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F17C
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 24 octobre 2019	Examineur Ott, Thomas
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.

EP 19 18 6415

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

24-10-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102016009672 A1	15-02-2018	AUCUN	
FR 3034836 A1	14-10-2016	CA 2981599 A1 CN 107429878 A EP 3280946 A1 FR 3034836 A1 JP 2018511016 A KR 20170135881 A US 2018119882 A1 WO 2016162626 A1	13-10-2016 01-12-2017 14-02-2018 14-10-2016 19-04-2018 08-12-2017 03-05-2018 13-10-2016
WO 2008062117 A1	29-05-2008	CA 2670220 A1 CN 101542185 A EP 2095009 A1 FR 2908859 A1 JP 2010510463 A US 2010212772 A1 WO 2008062117 A1	29-05-2008 23-09-2009 02-09-2009 23-05-2008 02-04-2010 26-08-2010 29-05-2008
US 5771946 A	30-06-1998	AUCUN	

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 5934081 A [0004]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **V RAMAN ; D. FARESE ; J HANSEL.** A rapid fill hydrogen fuel station for fuel cell buses. *12th World Energy conference Hydrogen energy Progress*, vol. 2, 1629-1642 [0004]
- **D.E. DANAY.** Hydrogen vehicle fueling station. *Advances in Cryogenic Engineering*, 1996, vol. 41 [0004]